УДК 552.5: 550.4:553.982(571.51)

ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРЕЗА ВОСТОЧНОГО БОРТА БОЛЬШЕХЕТСКОЙ ВПАДИНЫ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ ТУКОЛАНДО-ВАДИНСКОЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ-320)

Н.Ф. Столбова, Ю.В. Киселев, О.В. Бетхер*, Ю.М. Столбов

Томский политехнический университет. E-mail: litolog@mail.ru
*Томский государственный университет

Установлено широкое проявление в изученном разрезе процессов флюидомиграции, выразившихся в развитии эпигенетических преобразований пород и формировании литогеохимических аномалий. В отложениях сиговской, яновстанской, малохетской и суходудинской свит выявлены нефтематеринские породы доманикового типа. Комплексный анализ литогеохимических аномалий позволил выделить в разрезе перспективные на нефтегазоносность интервалы пород-коллекторов. Сделан вывод о возможности использования литолого-петрографических, битуминологических и литогеохимических исследований керна и шлама для корректировки интервалов испытаний скважин на нефтегазоносность.

Литогеохимические исследования разрезов глубоких скважин на основе комплексных литолого-петрографических, минералого-геохимических и битуминологических методов анализа разрабатываются в петролого-геохимической лаборатории Томского политехнического университета и активно внедряется в практику работ. Они направлены на изучение характера преобразований нефтегазоносных отложений в связи с флюидомиграцией в них углеводородов не только на породно-минеральном (литологические, минералого-петрографические и битуминологические исследования), но и на элементном уровнях (литогеохимические исследования) организации вещества, что позволяют более углубленно изучить процессы эволюции нефтегазоносных осадочных отложений. При проведении исследований наиболее эффективны ядерно-геохимические методы анализа, позволяющие видеть особенности зон флюидомиграции на геохимическом уровне.

Комплексная методика исследований была применена при изучении геологического разреза Туколандо-Вадинской параметрической скважины 320, пробуренной на восточном склоне Большехетской впадины Пур-Тазовской нефтегазоносной области Западно-Сибирской плиты.

Литологические исследования разреза скважины заключались в детальном макроскопическом, микроскопическом и люминесцентно-микроскопическом изучении образцов керна, отобранных через 0,1...1,0 м. Анализировались литологические разновидности пород, особенности их компонентного состава, текстурно-структурные признаки и взаимоотношения с другими породами в слоевых ассоциациях. При этом выделялись зоны изменений и преобразований пород, а также прямые и косвенные признаки нефтегазоносности. Во всех образцах керна, а также в пробах шлама, отобранных через 5...10 м, определены концентрации урана и глинозема.

При литогеохимических исследованиях использовались, в первую очередь, данные распространения в породно-слоевых ассоциациях нефтегазоносных отложений урана и Al_2O_3, в связи с их высокой чувствительностью к изменениям режимов Eh и pH, тесной связью с процессами литогенеза, эпигенеза и миграцией углеводородов (УВ). Особенности распространения урана в породах, связь его с органическим веществом (ОВ) изучались методом *f*-радиографии в петрографических шлифах. Аналитические определения урана и глинозема методом запаздывающих нейтронов и облучение шлифов выполнялись на базе Томского исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т.

Исследования разреза Туколандо-Вадинской параметрической скважине выполнены в участках отбора керна и шлама. Керн изучен в интервалах вскрытия яковлевской (K_1al_2-a, jak) – 1800...2215 м, малохетской (K_1h_1-mch) – 2215...2589 м, суходудинской (K_1v-h, sd) – 2589...3374 м, нижнехетской (K_1b-v_1, nch) – 3374...3737 м свит нижнего мела; яновстанской свиты (J_3km_2-K_1b, ian) – 3737...4135 м нижнего мела – верхней юры, сиговской (J_3o_1-km_1, sg) – 4135...4287 м и малышевской (J_2bt-k_1, ml) – 4376...4521 м свит верхней-средней юры. Шлам изучен из отложений танамской (инт. 575...949 м), насоновской (949...1335 м), дорожковской (1335...1404 м), долганской (1404...1800 м) свит, а также в интервалах всех вышеперечисленных свит, по которым не производился отбор керна.

Средневзвешенные содержания урана в юрских и меловых отложениях разреза (табл. 1) примерно соответствуют их содержаниям в терригенных формациях Западно-Сибирской платформы [1]. Отмечаются лишь незначительные колебания средних концентраций урана по свитам при изменении в породах алеврито-глинистых составляющих. Более стабильны средние содержания в породах глинозема. Однако распределение урана и глинозема объясняется не только неоднородностью распределения в разрезах свит песчаных, алевритовых и глинистых пород, но и широким проявлением в изученном разрезе процессов эпигенетических преобразований пород.

В результате петрографических исследований захороненного ОВ по методике Е.С. Ларской [2] выявлены и охарактеризованы дисперсные, детритные морфологические типы захороненного гумусового и сапропелевого ОВ. Метод осколочной радиографии подтвердил преобладание в разрезе

безуранового гумусового ОВ и выявил присутствие ураноносного керогена типа II. По данным люминесцентной микроскопии он сопровождается сингенетичными битумоидами и установлен в значительных количествах в породах сиговской и яновстанской свит. Это свидетельствует о присутствии в сиговской и яновстанской свитах нефтематеринских отложений доманикового типа [3].

Наличие керогена типа II с конвергентными признаками генезиса отмечено также в отложениях малохетской и суходудинской свит. Исследование генерационных свойств пород показало, что наиболее высокими удельными объемами генерации УВ характеризуются отложения яновстанской (1,8 кг УВ/м^3, $C_{орг}$=1,2 %) и сиговской (9,0 кг УВ/м^3, $C_{орг}$=3,2 %) свит, хотя и более низкими, по сравнению с отложениями баженовской свиты, достигающими 38,5 кг УВ/м^3 при содержаниях $C_{орг}$=8,5 % [4, 5].

Таблица 1. *Средневзвешенные характеристики пород по свитам разреза (керн)*

Свита	Кол-во проб	U, г/т	Al_2O_3, %	U/Al_2O_3	$C_{орг}$*, %	$C_{орг\ по\ U}$**, % / кол-во проб
Яковлевская	64	1,89	13,57	0,13	3,2	0,14 / 12
Малохетская	34	1,75	14,08	0,12	0,79	0,06 / 3
Суходудинская	159	2,76	14,26	0,19	0,37	0,31 / 82
Нижнехетская	207	2,57	14,67	0,18	0,48	0,12 / 95
Яновстанская	156	3,1	15,33	0,2	1,5	0,5 / 55
Сиговская	66	2,56	15,61	0,16	1,2	0,24 / 16
Малышевская	52	2,5	14,81	0,17	0,9	0,17 / 19

**по данным [4], средневзвешенные содержания $C_{орг}$, % на исх. породу;*

*** $C_{орг.\ U}=0,34[C_U-(0,18C_{Al_2O_3}]$, %*

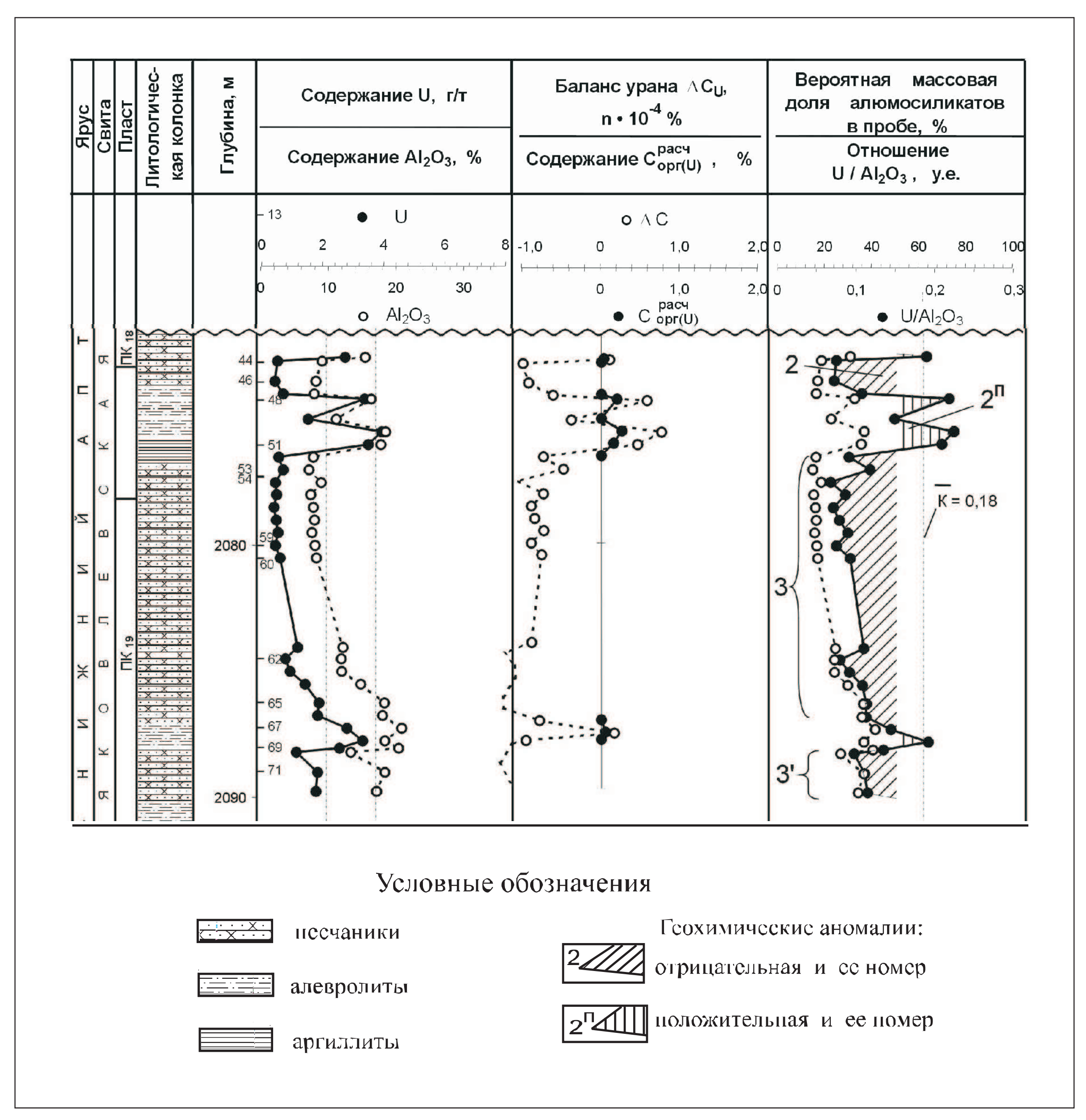


Рисунок. *Фрагмент литогеохимического разреза по скважине Туколандо-Вадинская-320 (инт. 2072...2090 м)*

Для выделения в разрезе литогеохимических аномалий использована величина отношения геохимически подвижного элемента урана к более инертному в процессах флюидомиграции глинозему [3]. Результаты исследований представляются в виде литогеохимических разрезов (рисунок), построенных по специальной программе. Отклонение величины U/Al_2O_3-отношения от среднего значения, принятого для терригенных отложений Западной Сибири равным 0,18 [3], свидетельствует о степени проявления процессов метасоматоза, сопровождающихся выносом урана и других элементов, участвующих в формировании зон разуплотненных пород. Выделяемые в разрезе интервалы пород с пониженными значениями U/Al_2O_3 по сравнению с 0,18 представляют собой отрицательные аномалии, соответствующие участкам разуплотненных пород (аномалии 2, 3). Интервалы пород с величинами отношений U/Al_2O_3, превышающими 0,18, позволяют выделять положительные аномалии, соответствующие участкам уплотненных пород (аномалия 2п).

В табл. 2 приведена литогеохимическая характеристика некоторых аномалий разреза. По данным литогеохимического изучения керна в разрезе выявлено 52 отрицательных аномалии и 21 положительная аномалия.

Отрицательные литогеохимические аномалии. Толщины отрицательных аномалий в разрезе ко-

Таблица 2. *Литогеохимическая характеристика основных аномалий разреза (керн)*

Свита	Кол-во аномалий		В т.ч. аномалии №	Интервал, м	Толщина, м	Средние значения / количество проб			Породы	Вторичные изменения (эпигенетические преобразования)	Класс коллектора
	Отрицательные	Положительные				U $n\cdot10^{-4}$, %	Al_2O_3, %	U/Al_2O_3			
Яковлевская	4	2	3	2076,5...2086,7	10,2	0,99 15	10,59 15	0,09 15	Песчаники, алевролиты (1,7 м)	Пор, Тр	IV
			2п	2074,2...2076,0	1,8	3,18 4	15,0 4	0,2 4	Алевролиты, переслаивание	H-Mic, S	
Малохетская	3	1	4	2280,8...2284,0	3,2	0,94 10	12,43 10	0,08 10	Песчаники	Q, Пор, H-Mic	V
Суходудинская	11	7	5п	2600,3...2602,1	1,8	4,07 4	16 7	0,25 7	Переслаивание алевролитов и песчаников	H-Mic, Kln, Bt, Chl, Py	
			9	2602,4...2604,8	2,4	2,58 9	13,99 9	0,18 9	Песчаники	Q, Пор, Bt, Kln	
			11	2608,1...2610,8	2,7	1,6 8	12,5 8	0,128 8	Песчаники	Q, Cc,Kln, Др, Пор, Сер	III, IV
			13	2668,1...2671,2	3,1	1,76 10	13,54 10	0,13 10	Песчаники	Q, Cc, H-Mic, Bt	IV
Нижнехетская	16	6	24	3640,6...3643,6	3	1,5 11	11,13 11	0,135 11	Песчаники	Q, Cc, Tp, Bt , Py	VI
Яновстанская	10	3	15п	3998,2...4010,5	12,7	4,53 19	14,37 19	0,31 19	Алевролиты	Tp, H-Mic, Bt, Chl?, S	
Сиговская	3		41	4235,5...4248	12,5	2,06 17	13,89 17	0,134 17	Песчаники	H-Mic, Q, Cc, Др	VI
Малышевская	5	2	42	4400...4410	10	1,28 8	12,93 8	0,099 8	Песчаники	H-Mic, Q, Cc, Др, S, Bt, Пор	V
			46	4500...4506	6	2,08 4	14,71 4	0,14 4	Песчаники	H-Mic, Q, Cc, Др, S, Bt	VI

Пор – пористость	Пер – перекристаллизация	Bt – биотитизация	H-Mic – гидрослюдизация	S – сидеритизация
Тр – трещиноватость	Kln – каолинитизация	Chl – хлоритизация	Сер – серицитизация	3 – номер отрицательной аномалии
Др – дробление	Q – окварцевание	Cc – кальцитизация	Py – пиритизация	3п – номер положительной аномалии

леблются в пределах 1,3...12,5 м, составляя в среднем 3,5 м. Содержание урана в отрицательных аномалиях колеблются в пределах 0,71...3,26 г/т, составляя в среднем 2,11 г/т. Содержание глинозема - колеблется в пределах 10,59...17,53 % при средней величине 14,34 %. По степени отклонений от среднего значения U/Al_2O_3-отношения 0,18, отрицательные аномальные зоны можно условно разделить на контрастные, в которых отношения равны 0,10 и менее, средней и слабой контрастности, со значениями U/Al_2O_3-отношений равными, соответственно, 0,11...0,15 и более 0,15...0,18.

Контрастные аномалии немногочисленны и составляют 10 % отрицательных аномалий разреза. Выделено две аномалии в яковлевской свите и по одной аномалии в малохетской, суходудинской и малышевской свитах. Толщины аномалий колеблются в пределах 2,2...10,2 м. Интервалы аномальных зон сложены преимущественно песчаниками и по коллекторским свойствам соответствуют коллекторам III–IV, реже V классов [6]. Для пород выделенных зон характерен интенсивный катаклаз, трещиноватость, повышенная пористость и проницаемость, значительное проявление эпигенетических преобразований. В песчаниках малышевской свиты (аномалия 42) наблюдается развитие регенерационного кварцевого цемента, доломитизация и сидеритизация пород на фоне интенсивного катагенического механического уплотнения и гравитационной коррозии обломков. В породах отмечается резкое снижение содержаний урана и глинозема. Эпибитумоиды присутствуют в незначительных количествах.

Отрицательные аномалии средней контрастности преобладают в разрезе, составляя 48 % всех отрицательных аномалий. Они выделены в отложениях суходудинской (7 аномалий), нижнехетской (4 аномалии), яковлевской, малохетской, сиговской и малышевской свитах. Толщины аномалий колеблются в пределах 1...11 м, преобладают толщины порядка 5 м и только в отложениях суходудинской свиты мощность аномалий не превышает 3,1 м, составляя в среднем 1,7 м. Интервалы аномальных зон сложены песчаниками, алевропесчаниками, часто с прослоями алевролитов и аргиллитов. По петрофизическим характеристикам они соответствуют коллекторам IV–V классов в отложениях яковлевской-суходудинской свит и VI класса – в отложениях нижнехетской, сиговской и малышевской свит. Аномалии средней контрастности, наряду с повышенной пористостью и проницаемостью пород, характеризуются широким спектром преобразований: биотитизацией, хлоритизацией, гидрослюдизацией, серицитизацией, каолинитизацией, пиритизацией и окварцеванием. Карбонатизация пород, сопровождаемая коррозией терригенных зерен, проявлена достаточно широко. Отмечается присутствие в породах битумоидов.

Отрицательные аномалии слабой контрастности преобладают среди отложений суходудинской (три аномалии), нижнехетской и яновстанской свит (по семь аномалий). Толщины аномалий колеблются в пределах 1,2...9,0 м, составляя в среднем 2,6 м. Интервалы аномальных зон сложены, в основном, переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов, либо алевролитов и аргиллитов. В аномальных интервалах иногда проявляются элементы послойной трещиноватости пород, их биотитизации, гидрослюдизации, хлоритизации, карбонатизации. Большинство аномалий по коллекторским свойствам соответствуют коллекторам VI класса. В ряде случаев характерно присутствие эпибитумоидов.

Положительные литогеохимические аномалии. Аномалии характерны для интервалов алеврито-глинистых пород, участков тонкого переслаивания пород песчаного, алевропесчаного состава, прослоев алевролитов и аргиллитов. Толщины положительных аномалий в разрезе колеблются в пределах 1,0...3,3 м и только аномалия 15п яновстанской свиты достигает толщины 12,7 м. По данным опробования шлама выделена положительная литогеохимическая аномалия толщиной 48 м в отложениях точинской свиты. Содержание урана в положительных аномалиях колеблются в пределах 3,0...4,53 г/т, составляя в среднем 3,42 г/т. Содержание глинозема – колеблется в пределах 12,04...17,87 %, составляя в среднем 15,33 %. По величине U/Al_2O_3-отношения выделяются аномалии с отношениями 0,18...0,20 и 0,21...0,31. Первые единичны и более характерны для отложений существенно песчаного состава яковлевской и нижнехетской свит. Аномалии с величиной U/Al_2O_3-отношения 0,21...0,31 преобладают в отложениях суходудинской, нижнехетской, яновстанской и малышевской свит. Эпигенетические преобразования в положительных аномалиях проявились в карбонатизации, биотитизации, гидрослюдизации и реже – хлоритизации пород.

На основании качественной (в шлифах) и количественной (с использованием определений нерастворимого остатка в породах) оценки известковой (карбонатной) составляющей в породах яковлевской-нижнехетской свит установлено, что наиболее высокие содержания карбонатов характерны для пород интервалов положительных аномалий; в породах отрицательных аномалий отмечается относительное увеличение содержаний карбонатов от контрастных аномалий к слабо контрастным.

На основе комплексной оценки литогеохимических аномалий в разрезе выделено восемь интервалов перспективных на нефтегазоносность разуплотненных пород-коллекторов: пласты (пл.) $ПК_{18}$, $ПК_{19}$, $ПК_{20}$ яковлевской свиты; пл. $Мх_3$ малохетской свиты; пл. Сд-0_1 и пл. Сд-I суходудинской свиты; пл. Нх-IV_1 нижнехетской свиты; пл. $Сг_7$ ($Ю_1^3$) сиговской свиты; пл. Мл-II и пл. Мл-III малышевской свиты.

Испытаниями на нефтегазоносность зон отрицательных литогеохимических аномалий подтверждено присутствие углеводородных флюидов, пластовых и минерализованных вод. Слабое проявление углеводородов, зафиксированное при испытаниях, по-видимому, связано с нарушением равновесия между CO_2 и УВ и обусловлено преобладанием в разрезе процессов окисления. Это вы-

разилось в образовании зон уплотнения с окисленными битумами, представляющими собой положительные литогеохимические аномалии. Образование окисленных битумов вероятно связано с процессами инфильтрационного эпигенеза. При испытаниях скважин углеводороды, как правило, выявлены ниже зон проявления положительных литогеохимических аномалий.

По данным опробования шлама также выделены отрицательные и положительные аномалии. Отрицательные аномалии преобладают в верхних и нижних частях насоновской свиты, нижних горизонтах долганской свиты, в пластах $Мх_1$, $Мх_5$, $Мх_8$–$Мх_{10}$ малохетской свиты. В породах суходудинской свиты интервалы отрицательных аномалий хорошо согласуются с интервалами, выделенными по данным ГИС. Положительные аномалии выявлены в низах сиговской свиты и среди отложений точинской свиты.

Выводы

В изученном разрезе широко проявлены процессы флюидомиграции, выразившиеся в развитии эпигенетических преобразований пород и формировании литогеохимических аномалий.

Выявленные в разрезе отрицательные аномалии – зоны разуплотнения пород, представляют собой породы-коллекторы, перспективные с позиций возможной локализации в них залежей УВ.

Интервалы положительных аномалий, сложенные уплотненными породами и сопровождаемые окисленными битумоидами, часто представляют собой флюидоупоры.

Отсутствие промышленных залежей УВ в интервалах проведенных испытаний нижних горизонтов разреза обусловлено, по-видимому, относительно низким нефтегазогенерационным потенциалом нефтематеринских отложений яновстанской и сиговской свит по сравнению с типовыми отложениями баженовской свиты.

Возможность уточнения разреза по результатам комплексного изучения керна и шлама позволяет рассматривать литогеохимические методы, как перспективные для выявления зон разуплотненных пород и корректировки интервалов испытаний скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смыслов А.А. Уран и торий в земной коре. – Л.: Недра, 1974. – 231 с.
2. Ларская Е.С. Диагностика и методы изучения нефтегазоматеринских пород. – М.: Недра, 1983. – 200 с.
3. Столбов Ю.М., Столбова Н.Ф., Фомин Ю.А. О возможности применения методов прикладной ядерной геохимии при изучении процессов наложенного эпигенеза нефтегазоносных осадочных бассейнов // Сб. научных трудов НТП "Нефтегазовые ресурсы". – М.: Изд-во ГАНГ им. И.М. Губкина, 1994. – С. 32–40.
4. Кринин В.А., Ларичев А.И., Рязанова Т.А. и др. Новые данные по геологии юрско-мелового разреза восточного борта Большехетской впадины // Вестник Томского гос. ун-та. – 2003. – Прилож. № 3 (11), апрель. – С. 293–295.
5. Ларичев А.И., Рязанова Т.А., Меленевский В.Н. и др. Геохимическая характеристика юрско-мелового разреза восточного борта Большехетской впадины // Вестник Томского гос. ун-та. – 2003. – Прилож. № 3 (11), апрель. – С. 300–302.
6. Ханин А.А. Породы – коллекторы нефти и газа и их изучение. – М.: Недра, 1969. – 368 с.